

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
28 février 2002 (28.02.2002)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 02/16902 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ :
G01M 11/02, G01B 11/255

(52) Inventeurs; et
(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **DEVIE, Pierre** [FR/FR]; 6, place De Lattre de Tassigny, F-94550 Chevilly Larue (FR). **BELL, Francis** [FR/FR]; 17, rue du Champier, F-92500 Rueil-Malmaison (FR). **LE SAUX, Gilles** [FR/FR]; 19, rue Yves Toudic, F-75010 Paris (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR01/02626

(22) Date de dépôt international : 17 août 2001 (17.08.2001)

(25) Langue de dépôt : **français**

(26) Langue de publication : **français**

(30) Données relatives à la priorité :
00/10794 22 août 2000 (22.08.2000) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **ESSILOR INTERNATIONAL** [FR/FR]; Compagnie

(72) Mandataires : **ROCHET, Michel** etc.; Cabinet Hirsch-Pochart, 34, rue de Bassano, F-75008 Paris (FR).

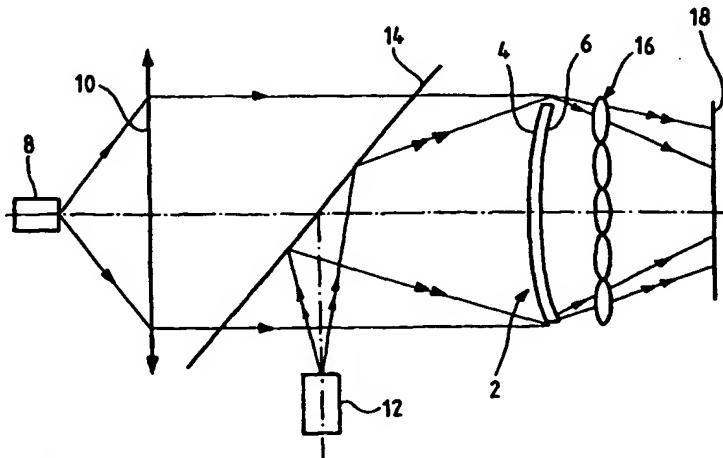
(81) États désignés (national) : JP, US.

(84) États désignés (régional) : brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Titre: METHOD AND APPARATUS FOR TRANSMISSION MEASUREMENT OF THE GEOMETRIC STRUCTURE OF AN OPTICAL COMPONENT

(54) Titre : PROCEDE ET APPAREIL DE MESURE EN TRANSMISSION DE LA STRUCTURE GEOMETRIQUE D'UN COMPOSANT OPTIQUE



WO 02/16902 A1

(57) Abstract: The invention concerns an apparatus and a method for transmission measurement of the geometric structure of an optical component (2), comprising steps which consist in: illuminating the optical component with a first incident light (8, 10) whereof the wave front is known; measuring by deflectometry 16, 18) the wave front of said first light after transmission by said optical component; illuminating the optical component with a second incident light (12, 14) whereof the wave front is known; measuring by deflectometry (16, 18) the wave front of said second light after transmission by said optical component; and calculating the geometric structure of said optical component from the measured wave fronts during the measuring steps. The measurement of the light transmitted in two separate optical configurations enables to calculate by optimisation of the two surfaces of the component, without prior knowledge of one of the surfaces. The first and second lights can be different and illuminate a common surface of the component, identical lights can also be used and each surface of the component can be illuminated successively.

[Suite sur la page suivante]

**Déclaration en vertu de la règle 4.17 :**

-- relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)) pour US seulement

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

Publiée :

-- avec rapport de recherche internationale

(57) Abrégé : L'invention propose un appareil et un procédé de mesure en transmission de la structure géométrique d'un composant optique (2), comprenant les étapes: d'éclairage du composant optique par une première lumière incidente (8, 10), dont le front d'onde est connu, de mesure par déflectométrie (16, 18) du front d'onde de ladite première lumière après transmission par ledit composant optique, d'éclairage du composant optique par une deuxième lumière incidente (12, 14), dont le front d'onde est connu, de mesure par déflectométrie (16, 18) du front d'onde de ladite deuxième lumière après transmission par ledit composant optique, et de calcul de la structure géométrique dudit composant optique à partir des fronts d'ondes mesurés lors desdites étapes de mesure. La mesure de la lumière transmise dans deux configurations optiques distinctes permet un calcul par optimisation des deux surfaces du composant, sans connaissance préalable de l'une des surfaces. Les première et seconde lumières peuvent être différentes et éclairer une même surface du composant; on peut aussi utiliser des lumières identiques et éclairer successivement chaque surface du composant.

**PROCEDE ET APPAREIL DE MESURE EN TRANSMISSION DE LA
STRUCTURE GEOMETRIQUE D'UN COMPOSANT OPTIQUE**

La présente invention a pour objet un procédé et un appareil de mesure de la structure
5 géométrique ou optique d'un composant optique.

Le procédé selon l'invention permet de mesurer de façon absolue une ou plusieurs
surfaces polies ou la répartition d'indice d'un composant optique. On entend par mesure
absolue une mesure qui ne nécessite aucune connaissance préalable du composant. La mesure
de surfaces polies et/ou de répartitions d'indice est susceptible de nombreuses applications
10 industrielles. Elle est notamment utile dans le domaine ophtalmique pour le contrôle ou la
mesure de lentilles ophtalmiques; dans ce cas, la réalisation de surfaces complexes nécessite
la détermination simultanée de centaines de coefficients.

FR-A-2 710 162 ou EP-A-0 644 411 au nom de la demanderesse décrivent un appareil
de déflectométrie en réflexion ou en transmission. Cet appareil permet la mesure par réflexion
15 ou transmission de la structure géométrique d'un composant optique. Le principe d'un tel
appareil de mesure est d'éclairer le composant optique à mesurer par un rayonnement de
surface d'onde connue – dans le cas le plus simple une onde plane – et de mesurer le front
d'onde après réflexion ou transmission sur le composant optique à mesurer. La mesure de la
surface d'onde après réflexion ou transmission permet de remonter aux caractéristiques
20 géométriques du composant à mesurer.

WO-A-9705467 décrit un appareil du même genre. Ce document propose d'étalonner
l'appareil en mesure l'aberration transverse d'un rayon de référence après réflexion ou
transmission par le composant à mesurer.

Les appareils décrits dans ces documents ne fonctionnent en fait que pour une seule
25 surface d'un composant optique. Pour un fonctionnement en réflexion, les appareils
permettent de déterminer la structure géométrique de la surface sur laquelle se réfléchit la
lumière de surface d'onde connue. Pour un fonctionnement en transmission, les appareils
permettent de déterminer la structure géométrique d'une des surfaces du composant optique, si
l'autre surface et l'indice du composant sont connus. Alternativement, en transmission, on peut
30 déterminer la répartition d'indice du composant, si les deux surfaces du composant sont
connues. Par ailleurs, d'un point de vue pratique, il est rare de pouvoir mesurer toutes les
caractéristiques d'un composant optique sans modifier le banc de mesure.

Il est possible à l'aide de ces appareils de mesurer successivement en réflexion les deux
surfaces d'un composant optique, pour en déduire le composant optique; ce procédé présente
35 les inconvénients suivants. D'une part, si une surface est munie d'un revêtement anti-reflet, ce
revêtement gêne la mesure ; de tels revêtements sont souvent prévus sur des lentilles
ophtalmiques. D'autre part, la mesure en réflexion peut nécessiter de dépolir la face arrière du

composant pour éviter les images parasites ; enfin, même si l'on arrive à mesurer séparément les deux surfaces, il faut pour retrouver le composant connaître la position relative des surfaces, autrement dit connaître l'épaisseur du composant ou le prisme en au moins un point : ce positionnement relatif ajoute une source d'erreurs.

5 US-A-5 825 476 propose un appareil de cartographie d'un composant optique. Ce document propose d'éclairer un composant optique par une lumière présentant un front d'onde connu, puis de recueillir sur un réseau de micro-lentilles la lumière transmise à travers le composant ou réfléchie par celui-ci. Les micro-lentilles projettent la lumière transmise ou réfléchie sur un écran dépoli; l'image de l'écran dépoli est enregistrée par une caméra et est
10 analysée pour déterminer la structure du composant optique, par comparaison avec une image de référence. Le résultat obtenu en transmission est une carte de puissance du composant et en réflexion, une carte d'altitude du composant.

15 Dans un des modes de réalisation, ce document propose de procéder à deux mesures, en deux positions de l'écran dépoli, mais sans modifications dans le système autre que la position de l'écran dépoli. Ces deux mesures permettent pour chaque micro-lentille, de déterminer le rayon après transmission, par la connaissance de deux points pour deux positions de l'écran dépoli. Le point d'entrée est connu avant la mesure, car il correspond à une micro-lentille de la matrice placée en entrée. Connaissant une des surfaces du composant, il est alors possible de déterminer la deuxième surface du composant.

20 Ce document, comme les trois documents précédents, ne permet donc que de déterminer la géométrie d'une surface du composant. La géométrie de l'autre surface du composant est supposée connue pour les calculs.

25 Il existe donc un besoin d'un appareil de mesure de verres, qui permette de déterminer les différentes caractéristiques d'un composant optique, et notamment des deux surfaces de ce composant optique. Un tel appareil permet notamment de mesurer efficacement des verres progressifs, en déterminant de façon exacte la forme de chacune de leurs deux surfaces, sans avoir à formuler d'hypothèse sur l'une de ces surfaces.

30 L'invention propose en conséquence un procédé de mesure en transmission de la structure géométrique d'un composant optique, comprenant les étapes :

- 30 - d'éclairage du composant optique par une première lumière incidente, dont le front d'onde est connu,
- de mesure du front d'onde de ladite première lumière après transmission par ledit composant optique,
- d'éclairage du composant optique par une deuxième lumière incidente, dont le front d'onde est connu,
- 35 - de mesure du front d'onde de ladite deuxième lumière après transmission par ledit composant optique, et

- de calcul de la structure géométrique dudit composant optique à partir des fronts d'ondes mesurés lors desdites étapes de mesure.

Dans un mode de réalisation de l'invention, aux différentes étapes de mesure, les fronts d'onde du côté de la même surface du composant sont différents.

5 On peut avantageusement utiliser pour l'étape de mesure une deflectométrie de Hartmann ou Shack-Hartmann, ou une deflectométrie à franges, ou encore une mesure par interférométrie.

De préférence, les étapes d'éclairage comprennent l'éclairage du composant sur une de ses surfaces, et l'éclairage du composant sur l'autre de ses surfaces. Dans ce cas, les première 10 et seconde lumières peuvent présenter des fronts d'onde identiques. On peut notamment prévoir que les étapes d'éclairages comprennent l'éclairage du composant optique par une même lumière incidente, le procédé comprenant alors une étape de retournement du composant optique.

Dans un autre mode de réalisation, les étapes d'éclairage comprennent l'éclairage du 15 composant sur une seule de ses surfaces. Dans ce cas, les première et seconde lumières peuvent présenter des fronts d'onde distincts.

Il est possible que l'étape de calcul s'effectue par optimisation d'une fonction de mérite calculée à partir d'au moins deux étapes de mesure. On peut aussi prévoir une étape de mesure de l'épaisseur du composant en au moins un point.

20 Dans un mode de réalisation, le procédé comprend encore des étapes :

- d'éclairage du composant optique par une troisième lumière incidente, dont le front d'onde est connu, et
- de mesure du front d'onde de ladite troisième lumière après transmission par ledit composant optique.

25 L'invention propose aussi un appareil de mesure en transmission de la structure géométrique d'un composant optique, comprenant :

- des moyens d'éclairage du composant optique par une première lumière incidente, dont le front d'onde est connu,
- des moyens de mesure du front d'onde de ladite première lumière après transmission par ledit composant optique,
- des moyens d'éclairage du composant optique par une deuxième lumière incidente, dont le front d'onde est connu, et distinct ;
- des moyens de mesure du front d'onde de ladite deuxième lumière après transmission par ledit composant optique,
- des moyens de calcul de la structure géométrique dudit composant optique à partir des fronts d'ondes mesurés lors desdites étapes de mesure.

Dans un mode de réalisation, les moyens de mesure comprennent une matrice de micro-lentilles. Ils peuvent aussi comprendre un réseau.

Avantageusement, les moyens d'éclairage du composant optique par une première lumière incidente, et les moyens d'éclairage du composant optique par une deuxième lumière incidente éclairent respectivement le composant sur chacune de ses surfaces. Dans ce cas, les première et seconde lumières peuvent présenter des fronts d'onde identiques.

Dans un autre mode de réalisation, les moyens d'éclairage du composant optique par une première lumière incidente et les moyens d'éclairage du composant optique par une deuxième lumière incidente éclairent la même surface du composant. Dans ce cas, les première et seconde lumières peuvent présenter des fronts d'onde distincts.

10 L'appareil peut encore comprendre des moyens de mesure de l'épaisseur du composant.

Dans un mode de réalisation, l'appareil comprend :

- des moyens d'éclairage du composant optique par une troisième lumière incidente, dont le front d'onde est connu,
- des moyens de mesure du front d'onde de ladite troisième lumière après transmission par l'édit composant optique.

On peut encore prévoir des moyens de visualisation de micro-gravures sur le composant.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit des modes de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemple uniquement et en référence aux dessins qui montrent :

- figures 1 à 5, des représentations schématiques de différents modes de réalisation d'un appareil pour la mise en œuvre de l'invention ;
- figure 6, une représentation schématique du calcul d'une fonction de mérite ;
- figure 7, une représentation similaire à celle de la figure 6, dans le cas d'un front d'onde incident plan ;
- figures 8 à 13, des caractéristiques d'une lentille obtenues par mesure mécanique de la lentille ;
- figures 14 à 16, les caractéristiques de la lentille des figures 8 à 13, obtenues par reconstruction selon l'état de la technique ;
- figures 17 à 22, les caractéristiques de la lentille des figures 8 à 13, obtenues par le procédé de l'invention.

35 L'invention repose comme dans les appareils de la demanderesse décrits dans FR-A-2 710 162 ou WO-A-9705467, sur l'analyse des fronts d'onde – ou des rayons qui leur sont perpendiculaires – après et avant transmission par le composant à mesurer. On peut pour mesurer le front d'onde de la lumière après transmission par le composant utiliser comme dans ces documents une méthode de deflectométrie à franges, ou encore une méthode de

déflectométrie dite de Hartmann ou Shack-Hartmann. On peut aussi mesurer le front d'onde de la lumière transmise par des méthodes interférométriques, et par exemple par interférométrie de Mach-Zender, ou par interférométrie suivant la méthode appelée "lateral shearing interferometry".

5 L'invention propose de procéder à deux mesures en transmission dans deux configurations optiques distinctes, et d'en déduire sans hypothèses préalables les deux surfaces du composant ainsi que leur position relative. Une solution possible consiste à minimiser ou maximiser une fonction de mérite en prenant comme variables l'ensemble de coefficients représentatifs de la géométrie du verre de telle sorte que, lorsque la fonction de
10 mérite est minimale – ou maximale – les valeurs prises par les variables correspondent aux valeurs de chacun des coefficients qui définissent les caractéristiques géométriques du composant. Les configurations optiques sont distinctes, dans la mesure où la traversée du composant s'effectue par des chemins optiques différents.

15 L'invention peut notamment s'appliquer à la mesure de lentilles finies. Par rapport à l'état de la technique, elle évite de supposer connue une des surfaces de la lentilles. Elle est plus précise et plus simple à mettre en œuvre que deux mesures en réflexion sur les deux faces du composant :

- 20 - l'invention peut être mise en œuvre même si les surfaces du composant sont revêtues d'un traitement anti-reflet ;
- l'invention est mise en œuvre sans dépolir la surface arrière du composant à mesurer pour éviter les images parasites ;
- l'invention évite les problèmes de positionnement relatif des deux surfaces mesurées séparément par réflexion.

25 On décrit dans la suite un mode de réalisation de l'invention, dans lequel les surfaces d'ondes sont déterminées par déflectométrie dite Hartmann ou de Shack Hartmann; le principe de cette déflectométrie est décrit dans US-A-5 825 476. Comme expliqué dans ce document, le composant optique à mesurer est éclairé par une lumière présentant un front d'onde connu. La lumière transmise par le composant optique est appliquée sur un réseau de micro-lentilles, qui forment des images dans un plan matérialisé par un écran dépoli ou par une matrice de
30 capteurs à couplage de charges (CCD). La position du point image de chaque micro-lentille, dépend du front d'onde appliqué sur la micro-lentille. L'insertion d'un composant optique dans le système induit une variation du front d'onde incident sur les micro-lentilles, et donc une variation de la position du point image de chaque micro-lentille; l'analyse du déplacement du point image de chaque micro-lentille permet de mesurer la variation du front d'onde provoquée par l'insertion du composant optique dans le système.

35 La figure 1 montre une représentation schématique d'un premier mode de réalisation d'un appareil pour la mise en œuvre de l'invention; dans le mode de réalisation de la figure 1,

on utilise pour les deux mesures en transmission suivant deux configurations distinctes deux lumières incidentes différentes, et plus précisément une lumière ayant un front d'onde plan et une lumière ayant un front d'onde sphérique.

5 L'appareil de la figure 1 présente donc un support (non-représenté) pour recevoir un composant optique 2, qui présente une surface arrière 4 et une surface avant 6; les termes "avant" et "arrière" sont uniquement utilisés ici pour identifier les surfaces, et ne correspondent pas nécessairement à l'utilisation ultérieure du composant; autrement dit, on peut disposer le composant "à l'envers" dans l'appareil.

10 L'appareil présente en outre une source de lumière présentant un front d'onde plan. On peut utiliser comme dans WO-A-9705467 une source ponctuelle 8 et une lentille 10, qui génèrent une lumière incidente sur la surface arrière 4 du composant à mesurer avec un front d'onde plan. L'appareil présente aussi une source de lumière présentant un front d'onde sphérique. On peut utiliser une deuxième source ponctuelle 12, qui génère une lumière incidente sur la surface arrière du composant avec un front d'onde sphérique. On utilise une 15 lame semi-réfléchissante 14 pour éclairer la surface arrière 4 du composant avec les lumières provenant des sources 8 et 12 : la lumière provenant de la source 8 et de la lentille 10 traverse la lame semi-réfléchissante 14, tandis que la lumière provenant de la source 12 est réfléchie par la lame 14. On pourrait aussi utiliser une source commune pour les deux lumières, par exemple en prévoyant que la lentille 10 de collimation est escamotable. Il est donc possible 20 dans l'appareil de l'invention d'éclairer la surface arrière 4 composant successivement avec deux lumières présentant chacune un front d'onde connu.

25 L'appareil peut encore présenter des moyens pour mesurer en un point l'épaisseur du composant. Il est possible de prévoir par exemple une mesure en réflexion du composant sur l'axe du dispositif, de part et d'autre du composant. Une telle mesure permet de déterminer la normale des surfaces du composant à l'intersection avec l'axe de l'appareil, ainsi que l'épaisseur du composant sur cet axe. Pour ces mesures, on peut utiliser du côté de la surface arrière comme du côté de la surface avant les moyens décrits dans FR-A-2 710 162 ou WO-A-9705467, qui ne sont pas décrits à nouveau ici.

30 Une telle mesure de l'épaisseur n'est pas indispensable à la mise en œuvre de l'invention; la mesure d'épaisseur permet d'accélérer la détermination des caractéristiques du composant. Il reste possible de ne pas mesurer l'épaisseur du composant, et de déterminer celle-ci lors de la recherche par optimisation qui est décrite plus bas.

35 L'appareil présente ensuite des moyens de détermination du front d'onde de la lumière transmise par le composant. Dans le mode de réalisation de la figure, comme indiqué plus haut, on peut utiliser une deflectométrie de Hartmann, ou une deflectométrie de Shack-Hartmann lorsque l'on utilise des micro-lentilles; l'appareil présente donc un réseau de micro-lentilles 16, et un plan d'analyse 18, sur lequel les micro-lentilles forment une image. Ce plan

d'analyse pourra être constitué soit par un dépoli, soit directement par une CCD. Comme expliqué plus haut, l'analyse de l'image formée sur le plan d'analyse permet de déterminer le front d'onde de la lumière transmise à travers le composant.

Des dimensions typiques de l'appareil de la figure 1 sont les suivantes : la lentille 10 est 5 située sur l'axe principal passant par le composant 2 à mesurer et la matrice 16 de micro-lentilles; elle présente un diamètre de 100 mm et une focale comprise entre 110 et 250 mm. La lame 14 séparatrice présente un diamètre de 150 mm. La distance entre la seconde source 10 12 (située sur un axe perpendiculaire à l'axe principal) et le point intersection entre la 14 et l'axe principal est de l'ordre de 70 mm. La distance entre ce même point et la surface du composant optique 2 est aussi de l'ordre de 70 mm. La distance entre le composant 2 et le Shack-Hartmann peut aussi être comprise entre 0 et 30 mm. Les sources 8 et 12 peuvent être des diodes laser ou des LED.

L'appareil de la figure 1 permet donc une mesure de front d'onde de deux lumières 15 transmises par le composant. En d'autres termes, l'appareil permet de mesurer dans deux configurations distinctes la transmission d'une lumière incidente de front d'onde connu à travers le composant à mesurer. L'appareil peut le cas échéant permettre aussi une mesure de l'épaisseur du composant en un point. Sur la figure 1, le composant est centré sur l'axe optique de l'appareil; comme expliqué plus bas, il n'est pas nécessaire dans le procédé de l'invention que le composant soit précisément centré sur l'axe optique de l'appareil, et un positionnement 20 grossier suffit.

La figure 2 montre une représentation schématique d'un deuxième mode de réalisation 25 d'un appareil pour la mise en œuvre de l'invention. Dans le mode de réalisation de la figure 2, on utilise pour les deux mesures en transmission suivant deux configurations distinctes une seule source lumineuse, mais on retourne le composant pour l'éclairer sur ses deux surfaces. L'appareil présente donc une source lumineuse 20 générant une lumière de front d'onde connu – dans l'exemple de la figure une lumière de front d'onde sphérique. La lumière arrive sur un 30 composant 22 monté sur un support non représenté; le composant présente une surface arrière 24 et une surface avant 26. L'appareil présente ensuite des moyens de détermination du front d'onde de la lumière transmise par le composant; comme dans le mode de réalisation de la figure 1, on utilise un réseau de micro-lentilles 28, et un plan d'analyse 30.

L'appareil de la figure 2 permet des mesures du front d'onde de la lumière transmise par 35 le composant suivant des configurations différentes, comme expliqué maintenant. On commence par monter le composant optique dans le support, comme représenté sur la figure; la lumière provenant de la source 20 éclaire le composant sur la surface arrière 24 et le front d'onde de la lumière transmise est déterminé par le réseau 28 et le plan 30. On retourne ensuite le composant optique 22, par rotation du support, comme symbolisé par la flèche 32

sur la figure 2. La lumière provenant de la source 20 éclaire alors le composant sur la surface avant 26 et le front d'onde de la lumière transmise est déterminé par le réseau 28 et le plan 30.

Autrement dit, la première configuration correspond à un éclairage du composant sur sa surface arrière 24 par la lumière connue émise par la source 20. La deuxième configuration correspond à un éclairage du composant sur sa surface avant 26 par la lumière connue émise par la source 20. L'important dans l'appareil de la figure 2 est de pouvoir ramener dans un même repère lié au composant les deux configurations; une solution à cet effet consiste à connaître précisément la nature du retournement; on peut pour cela utiliser simplement un support assurant un retournement connu du composant optique.

La figure 3 montre une représentation schématique d'un troisième mode de réalisation d'un appareil pour la mise en œuvre de l'invention. Dans le mode de réalisation de la figure 3, on utilise pour les deux mesures en transmission suivant deux configurations distinctes des sources lumineuses distinctes, qui éclairent le composant sur ses deux surfaces.

L'appareil de la figure 3 présente donc un support (non-représenté) pour recevoir un composant optique 34, qui présente une surface arrière 36 et une surface avant 38. L'appareil présente en outre une source de lumière présentant un front d'onde plan; cette source de lumière est constituée une source ponctuelle 40 et une lentille 42, qui génèrent à travers une lame semi-réfléchissante 44 une lumière incidente sur la surface arrière 36 du composant à mesurer avec un front d'onde plan. La lumière transmise par le composant est réfléchie par une seconde lame semi-réfléchissante 46 vers un réseau de micro-lentilles 48 et un plan de CCD 50.

L'appareil présente aussi une source de lumière présentant un front d'onde sphérique, qui éclaire le composant sur la surface avant. On utilise une deuxième source ponctuelle 52, qui génère à travers la lame semi-réfléchissante 46 une lumière incidente sur la surface avant 38 du composant 34 avec un front d'onde sphérique. La lumière provenant de la source 52 et transmise par le composant optique est réfléchie par la lame semi-réfléchissante 44 vers un second réseau de micro-lentilles 54 et un second plan de CCD 56.

L'appareil permet manifestement une mesure de la lumière transmise par le composant suivant deux configurations. Dans la première configuration le composant est éclairé sur sa surface 36 qualifiée d'arrière par une lumière présentant un front d'onde plan; dans la deuxième configuration, le composant est éclairé sur sa surface 38 qualifiée d'avant par une lumière présentant un front d'onde sphérique. On pourrait bien sûr modifier le dispositif pour n'utiliser qu'un seul jeu de moyens de mesure du front d'onde transmis, par exemple à l'aide de miroirs et de lames semi-réfléchissantes supplémentaires.

La figure 4 montre une représentation schématique d'un quatrième mode de réalisation d'un appareil pour la mise en œuvre de l'invention. L'appareil de la figure 4 diffère de celui de la figure 3 uniquement en ce que l'on utilise dans la deuxième configuration une lumière

présentant un front d'onde plan; la source ponctuelle 52 de la figure 3 est donc remplacée sur la figure 4 par une source ponctuelle 58 et une lentille 60, qui éclairent la surface avant 38 du composant avec une lumière présentant un front d'onde plan.

La figure 5 montre une représentation schématique d'un cinquième mode de réalisation 5 d'un appareil pour la mise en œuvre de l'invention. L'appareil de la figure 5 présente l'avantage de permettre d'afficher non seulement des données relatives à la structure du composant optique à mesurer, mais aussi les gravures sur ce composant. Dans le cas d'une lentille ophtalmique, ces gravures sont importantes pour l'opticien : en effet, elles sont prises comme référence lors de l'opération de détourage, qui permet d'adapter la lentille à la forme 10 de monture choisie par le porteur. L'appareil de la figure 5 présente donc des moyens d'éclairage et de mesure suivant deux configurations différentes. Une caméra CCD dont la mise au point est faite sur la surface de la lentille permet de visualiser les gravures.

L'appareil présente donc un support (non-représenté) pour recevoir un composant optique 62, qui présente une surface arrière 64 et une surface avant 66. Une caméra CCD 68 15 est focalisée à l'aide d'une lentille 70 sur la surface du composant. L'axe 72 de la caméra et de la lentille est sensiblement confondu avec l'axe optique du composant.

L'appareil présente en outre une source de lumière présentant un front d'onde plan; cette source de lumière est constituée une source ponctuelle 74 et une lentille 76, qui génèrent une lumière incidente sur la surface avant 66 du composant à mesurer avec un front d'onde plan. 20 La lumière de front d'onde plan est transmise par le composant à un réseau de micro-lentilles 78 et un plan de CCD 80. La lumière de front d'onde plan est en incidence oblique sur le composant à mesure, pour permettre de visualiser les gravures du composant; plus spécifiquement, l'angle α entre l'axe 82 de la voie de mesure et l'axe 72 de la voie de visualisation des micro-gravures est supérieur à 10°.

25 L'appareil présente aussi une source de lumière présentant un front d'onde sphérique, qui éclaire le composant sur la surface arrière. On utilise une deuxième source ponctuelle 84, qui génère une lumière incidente sur la surface arrière 64 du composant avec un front d'onde sphérique. La lumière provenant de la source 84 est transmise par le composant optique vers un second réseau de micro-lentilles 86 et un second plan de CCD 88. La lumière de front 30 d'onde sphérique est aussi en incidence oblique sur le composant à mesure, pour permettre de visualiser les gravures du composant; plus spécifiquement, l'angle β entre l'axe 90 de la voie de mesure et l'axe 72 de la voie de visualisation des micro-gravures est supérieur à 10°.

35 L'appareil de la figure 5 permet une mesure de la lumière transmise par le composant suivant deux configurations similaire à celles de la figure 3, à l'angle d'incidence près. Il permet en outre de visualiser les micro-gravures des lentilles, et donc de fournir une mesure du composant dans un repère lié aux micro-gravures.

Il est encore entendu que l'on aurait pu utiliser dans l'appareil de la figure 5 des sources assurant un éclairage avec des lumières de front d'onde identiques, ou encore des sources assurant un éclairage d'une même surface du composant optique. Dans tous les cas, on peut prévoir comme décrit en référence à la figure 1 des moyens pour mesurer en un point 5 l'épaisseur du composant.

Pour tous les appareils décrits, on peut grâce à l'optimisation décrite dans la suite retrouver les surfaces et l'épaisseur indépendamment de la position du composant optique dans le référentiel du montage. Pour pouvoir ensuite associer les surfaces au composant optique, il peut être intéressant comme expliqué à la figure 5 de déterminer la position d'un 10 point du composant optique dans le référentiel. Outre la solution proposée à la figure 5, on peut de ce fait prévoir dans l'appareil des moyens de mesure de la position d'un point sur une des surfaces du composant optique. Par exemple, on peut utiliser l'autocollimation d'un laser ou d'autres moyens connus en soi pour mesurer la position d'un point du composant optique dans le référentiel de l'appareil; on pourrait aussi mesurer l'angle que fait la surface du 15 composant optique avec l'axe optique de l'appareil. Cette solution permet d'une façon ou d'une autre d'associer la surface du composant déterminée grâce à l'invention et le composant optique lui-même.

A partir de ces mesures de fronts d'onde en transmission dans deux configurations, l'invention propose de déterminer la structure du composant. Elle propose à cet effet d'utiliser 20 une recherche par optimisation des deux surfaces du composant, à l'aide d'une fonction de mérite représentative des deux fronts d'ondes transmis dans les deux configurations différentes. La définition de la fonction de mérite est indépendante des deux surfaces, et permet en tout état de cause de retrouver ces deux surfaces. A l'inverse des solutions de l'état de la technique, l'invention repose sur la constatation que l'exploitation simultanée des deux 25 mesures permet de déterminer les deux surfaces du composant.

Si l'épaisseur du composant n'est pas mesurée, elle peut aussi être déterminée lors de la recherche par optimisation. Dans ce cas, il s'avère que la fonction de mérite peut présenter des minima locaux pour certaines valeurs de l'épaisseur, mais présente toujours un minimum absolu pour l'épaisseur réelle du composant. Si l'on connaît l'épaisseur, on peut se contenter 30 de rechercher le minimum pour cette valeur de l'épaisseur. Dans certains cas, une optimisation locale ne permet pas de retrouver l'épaisseur du composant; à ce moment, une optimisation globale permet de retrouver l'extremum, et donc l'épaisseur du composant.

Le principe d'une recherche par optimisation est connu en soi. On définit des valeurs de départ pour les surfaces avant et arrière du composant optique. On définit une fonction de mérite, susceptible d'être calculée pour des valeurs courantes des surfaces avant et arrière du composant; cette fonction de mérite est conçue pour présenter une valeur minimale ou maximale lorsque les valeurs courantes des surfaces avant et arrière sont égales aux valeurs à 35

mesurer. L'optimisation consiste à faire varier par itérations successives les valeurs courantes des surfaces avant et arrière, en partant des valeurs de départ, jusqu'à trouver un extremum de la fonction de mérite.

La figure 6 montre un exemple de définition de fonction de mérite pour le calcul des surfaces; l'explication dans le cas de la figure 6 est une explication en termes de fronts d'ondes, pour l'éclairage du composant sur sa surface arrière.

On a représenté sur la figure l'allure du composant optique en reconstruction, autrement dit les valeurs courantes de la surface arrière 92 et de la surface avant 94. On a porté à la figure le front d'onde connu 96 de la lumière incidente sur la surface arrière 92, ainsi que le front d'onde mesuré 98 de la lumière transmise par le composant. La figure montre encore un rayon 100 enregistré après transmission par le composant, dans une des configurations de mesure. Il est possible, connaissant les valeurs courantes de la surface arrière 92 et de la surface avant 94, de calculer dans l'espace du front d'onde incident le rayon incident 102 par propagation inverse à travers le composant optique. On peut ainsi déterminer l'intersection du rayon incident 102 avec le front d'onde incident 96 qui est connu. Au point d'intersection ainsi déterminé, on calcule les différences des cosinus directeurs (x, y, z) du rayon 102 et des cosinus directeurs ($\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}$) de la normale 104 au front d'onde. On appelle ici cosinus directeur les coordonnées dans un repère d'un vecteur unitaire colinéaire au rayon ou à la normale.

La fonction de mérite peut alors s'exprimer comme la somme des différences au carré des cosinus directeurs, pour différents rayons, et pour les deux configurations de mesure, c'est-à-dire :

$$\sum_{\text{configurations}} \left\{ \sum_{\text{rayons}} [(x - \hat{x})^2 + (y - \hat{y})^2 + (z - \hat{z})^2] \right\} \quad (1)$$

Il est clair que cette définition correspond à une fonction de mérite :

- elle associe un nombre réel à des valeurs courantes des surfaces ;
- la fonction est positive ou nulle ;
- elle s'annule si dans les deux configurations de mesure les rayons calculés par propagation inverse sont identiques aux rayons de la lumière incidente, autrement dit si les valeurs courantes pour les surfaces avant et arrière sont identiques aux surfaces avant et arrière réelles.

Autrement dit, la fonction présente un extremum lorsque les valeurs des surfaces sont égales aux surfaces réelles du composant. La fonction de mérite pourra être constituée par toute fonction qui quantifie les écarts entre le front d'onde courant et le front d'onde de référence.

La figure 7 est similaire à la figure 6 mais montre le cas d'un front d'onde incident de référence qui est plan. Dans ce cas, la normale au front d'onde incident est constante sur toute la surface du composant optique; elle est donc identique pour tout rayon 102, ce qui simplifie

les calculs; en effet, il n'est nécessaire de calculer les cosinus directeurs de la normale au front d'onde qu'une seule fois. Dans une telle configuration, il suffit de connaître les cosinus directeurs du rayon 102, à la surface du composant éclairée par la lumière de front d'onde plan, sans avoir à poursuivre la propagation inverse du rayon 102. On a porté sur la figure un deuxième rayon 106 et le rayon construit par propagation inverse 108.

D'autres fonctions de mérite peuvent être utilisées. Dans tous les cas, la fonction de mérite se calcule à partir de la transmission de la lumière dans les deux configurations optiques distinctes mentionnées plus haut. Le fait d'utiliser une fonction de mérite calculée à partir des deux configurations distinctes permet de déterminer simultanément les deux surfaces du composant optique.

L'invention permet de déterminer avec précision les deux surfaces d'un composant optique, après deux mesures en transmission. On donne maintenant un exemple de mise en œuvre de l'invention, pour la mesure d'un verre progressif. Le verre progressif mesuré était un verre commercialisé par la demanderesse sous la marque Varilux Comfort; la face arrière est sphérique; la face avant est progressive. La lentille présente une base de 7,25 dioptries, une puissance de 5,00 dioptries, un cylindre de prescription nul, une addition de 2,00 dioptries. Dans l'exemple, on a utilisé deux mesures en transmission avec deux lumières de front d'onde incident plan traversant le composant dans des sens opposés. La matrice de micro-lentilles présentait un pas de 2 mm, et la lumière incidente éclairait la lentille sur un diamètre de 50 mm; la distance entre la face arrière du verre et la matrice de capteur était dans chaque direction de la lumière incidente de 12 mm.

Pour l'optimisation, on a utilisé une fonction de mérite du type décrit ci-dessus, avec 845 rayons. Les valeurs de départ utilisées pour les surfaces avant et arrière et l'épaisseur sont les suivantes :

25

- surface arrière : surface sphérique de 160 mm de rayon ;
- surface avant : surface parabolique arbitraire en $1xr^2$ de diamètre 56 mm ;
- épaisseur du composant 2 mm.

30 L'optimisation s'effectue par une méthode des moindres carrés, sur 461 variables, c'est-à-dire une modélisation par polynôme de Zernike à 230 variables pour chaque surface, et une variable pour l'épaisseur. En 10 itérations, la fonction de mérite atteint une valeur de $0,1.10^{-14}$.

35 Les résultats obtenus sont comparés aux résultats d'une mesure mécanique de chaque surface du composant, à l'aide d'une machine de mesure tridimensionnelle, avec une précision meilleure que 1 μ m et un pas de mesure de 2 mm. En chaque point de mesure, et pour chaque surface, la différence entre l'altitude calculée selon l'invention et l'altitude mesurée est inférieure à 1 μ m.

Les figures 8 à 22 montrent les caractéristiques de la lentille dans cet exemple de mise en œuvre de l'invention. Les figures 8 à 13 montrent les caractéristiques de la lentille, obtenues à partir d'une mesure mécanique de l'invention, et plus précisément :

- figure 8, la sphère moyenne et les courbures maximale et minimale de la méridienne de la face avant du verre ;
- figure 9, la carte de sphère moyenne de la face avant ;
- figure 10, la carte de cylindre de la face avant ;
- figure 11, la sphère moyenne et les courbures maximale et minimale de la méridienne de la face arrière du verre ;
- figure 12, la carte de sphère moyenne de la face arrière ;
- figure 13, la carte de cylindre de la face arrière.

Pour les figures 8 et 11, la méridienne est définie par trois segments, comme expliqué dans les brevets FR-A-2 683 642 et FR-A-2 683 643 de la demanderesse.

Les figures 14 à 16 montrent les résultats d'une reconstruction selon l'état de la technique, ce qui correspondrait en pratique aux résultats obtenus avec le procédé décrit dans les demandes FR-A-2 710 162 ou EP-A-0 644 411 de la demanderesse, en supposant que la face arrière est parfaitement sphérique, et présente un rayon de 164,38 mm. Les figures montrent :

- figure 14, la sphère moyenne et les courbures maximale et minimale de la méridienne de la face avant du verre ;
- figure 15, la carte de sphère moyenne de la face avant ;
- figure 16, la carte de cylindre de la face avant ;

Les figures 17 à 22 sont similaires aux figures 8 à 13, mais montrent les résultats obtenus par le procédé de l'invention. On constate une très grande similitude entre les figures respectives. Notamment, on retrouve grâce à l'invention les défauts de la face arrière du composant, qui en consigne, est parfaitement sphérique.

Par comparaison, les figures 10 et 19 sont assez différentes de la figure 16, notamment en ce qui concerne la partie supérieure de la lentille, qui correspond à la zone de vision de loin. En d'autres termes, on obtient sensiblement les mêmes résultats grâce à l'invention que dans une mesure mécanique; mais ces résultats sont différents de ceux obtenus en supposant que la face arrière de la lentille est parfaitement sphérique. L'invention, par rapport à la solution de l'état de la technique, permet d'éviter de reporter sur la face avant de la lentille les défauts de la face arrière, quand celle-ci n'est pas exactement identique à sa valeur de consigne.

De même, la méridienne représentée à la figure 20 correspond bien à la méridienne mesurée représentée à la figure 11. Dans ce cas, les écarts par rapport à la surface arrière, supposée sphérique, sont faibles.

Bien entendu, la présente invention n'est pas limitée aux modes de réalisations décrits à titre d'exemple; ainsi, on peut utiliser pour déterminer le front d'onde de la lumière transmise d'autres méthodes que la deflectométrie de Hartmann, et par exemple, une méthode de deflectométrie par franges comme dans FR-A-2 710 162 ou WO-A-9705467 utilisant un 5 réseau de Ronchi. On peut aussi utiliser des méthodes interférométriques. Le procédé de l'invention n'est pas limité à la mise en évidence de faibles écarts; l'invention permet de déterminer les corrections apportées par chacune des deux surfaces sans hypothèses préalables sur ces deux surfaces.

Dans le montage de la figure 1 comme dans celui de la figure 2, on peut utiliser d'autres 10 moyens pour générer des lumières avec des fronts d'onde distincts; dans le mode de réalisation de la figure 1, on pourrait changer la lentille de collimation 10, ou ajouter une lentille supplémentaire. On pourrait dans le mode de réalisation de la figure 2 utiliser une source unique, et faire tourner le composant. On pourrait aussi mélanger les modes de réalisation, et utiliser une source de lumière à front d'onde plan et une source de lumière à 15 front d'onde sphérique dans le mode de réalisation de la figure 2. Ceci s'applique aussi aux figures 3 à 5.

Si l'épaisseur du composant au centre ou en un point est connue, on peut se dispenser des moyens de mesure de cette épaisseur; alternativement, tous les moyens connus de détermination du prisme ou de l'épaisseur du composant peuvent être utilisés.

20 Dans les exemples données plus haut, on a proposé d'utiliser deux séries de mesure pour déterminer les caractéristiques des deux surfaces des deux lentilles. Il est aussi possible de procéder à plus de deux séries de mesures, toujours dans des configurations en transmission. Comme expliqué plus haut, on utilise des configurations distinctes, c'est-à-dire des fronts d'ondes incidents et transmis différents.

25 Procéder à plus de deux mesures peut notamment être utile pour déterminer par optimisation d'autres caractéristiques du composant optique. Par exemple, pour un composant optique d'indice variable, on pourrait à l'aide de trois séries de mesures déterminer les surfaces du composant optique et la répartition d'indice. Il est aussi connu de constituer des composants optiques à partir de deux galettes présentant une face plane et une face non-plane, 30 qui sont assemblées par leur face plane. Pour un tel composant, l'invention permet de déterminer non seulement les surfaces et l'épaisseur du composant, mais aussi la position de l'interface entre les deux galettes.

Dans chacun des cas, il est avantageux que la lumière incidente éclaire l'ensemble de la 35 surface utile du composant optique, c'est-à-dire la partie du composant dont on recherche les caractéristiques.

REVENDICATIONS

1. Procédé de mesure en transmission de la structure géométrique d'un composant optique (2), comprenant les étapes :
 - 5 - d'éclairage du composant optique par une première lumière incidente (8, 10), dont le front d'onde est connu,
 - de mesure (16, 18) du front d'onde de ladite première lumière après transmission par ledit composant optique,
 - d'éclairage du composant optique par une deuxième lumière incidente (12, 14), dont le front d'onde est connu,
 - 10 - de mesure (16, 18) du front d'onde de ladite deuxième lumière après transmission par ledit composant optique,
 - de calcul de la structure géométrique dudit composant optique à partir des fronts d'ondes mesurés lors desdites étapes de mesure.
- 15 2. Le procédé de la revendication 1, caractérisé en ce qu'aux différentes étapes de mesure, les fronts d'onde du côté de la même surface du composant sont différents.
3. Le procédé de la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'étape de mesure s'effectue par deflectométrie de Hartmann ou Shack-Hartmann.
4. Le procédé de la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'étape de mesure s'effectue 20 par deflectométrie à franges.
5. Le procédé de la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'étape de mesure est une étape de mesure par interférométrie.
- 25 6. Le procédé de l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les étapes d'éclairage comprennent l'éclairage du composant sur une de ses surfaces, et l'éclairage du composant sur l'autre de ses surfaces
7. Le procédé de la revendication 6, caractérisé en ce que les première et seconde lumières présentent des fronts d'onde identiques.
8. Le procédé de la revendication 7, caractérisé en ce que les étapes d'éclairages comprennent l'éclairage du composant optique par une même lumière incidente, et en ce que 30 le procédé comprend une étape de retournement du composant optique.

9. Le procédé de l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les étapes d'éclairage comprennent l'éclairage du composant sur une seule de ses surfaces.

10. Le procédé de la revendication 9, caractérisé en ce que les première et seconde lumières présentent des fronts d'onde distincts.

5 11. Le procédé de l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape de calcul s'effectue par optimisation d'une fonction de mérite calculée à partir d'au moins deux étapes de mesure.

12. Le procédé de l'une des revendications précédentes, caractérisé par une étape de mesure de l'épaisseur du composant en au moins un point.

10 13. Le procédé de l'une des revendications précédentes, caractérisé par des étapes :
- d'éclairage du composant optique par une troisième lumière incidente, dont le front d'onde est connu,
- de mesure du front d'onde de ladite troisième lumière après transmission par ledit composant optique.

15 14. Un appareil de mesure en transmission de la structure géométrique d'un composant optique (2), comprenant :
- des moyens (8, 10) d'éclairage du composant optique par une première lumière incidente, dont le front d'onde est connu,
- des moyens de mesure (16, 18) du front d'onde de ladite première lumière après transmission par ledit composant optique,
20 - des moyens d'éclairage (12, 14) du composant optique par une deuxième lumière incidente, dont le front d'onde est connu, et distinct
- des moyens de mesure (16, 18) du front d'onde de ladite deuxième lumière après transmission par ledit composant optique,
25 - des moyens de calcul de la structure géométrique dudit composant optique à partir des fronts d'ondes mesurés lors desdites étapes de mesure.

15. L'appareil de la revendication 14, caractérisé en ce que les moyens de mesure comprennent une matrice de micro-lentilles (16).

30 16. L'appareil de la revendication 14, caractérisé en ce que les moyens de mesure comprennent un réseau.

17. L'appareil de la revendication 14, 15 ou 16, caractérisé en ce que les moyens d'éclairage du composant optique par une première lumière incidente, et les moyens d'éclairage du composant optique par une deuxième lumière incidente éclairent respectivement le composant sur chacune de ses surfaces.

5 18. L'appareil de la revendication 17, caractérisé en ce que les première et seconde lumières présentent des fronts d'onde identiques.

19. L'appareil de la revendication 14, 15 ou 16, caractérisé en ce que les moyens d'éclairage du composant optique par une première lumière incidente et les moyens d'éclairage du composant optique par une deuxième lumière incidente éclairent la même surface du

10 composant.

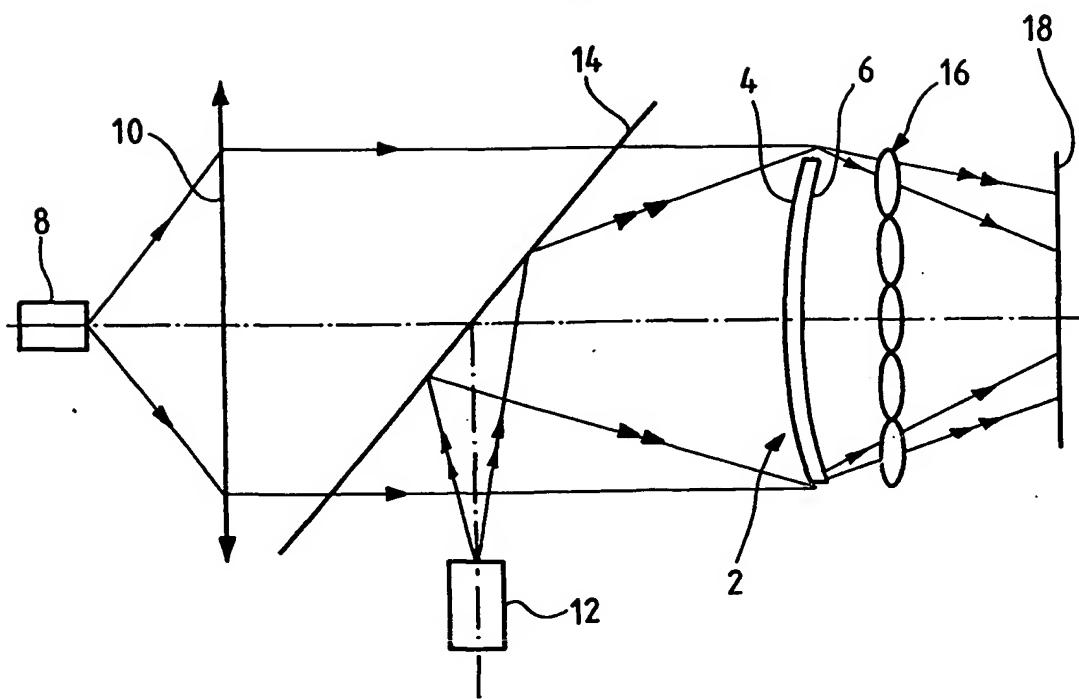
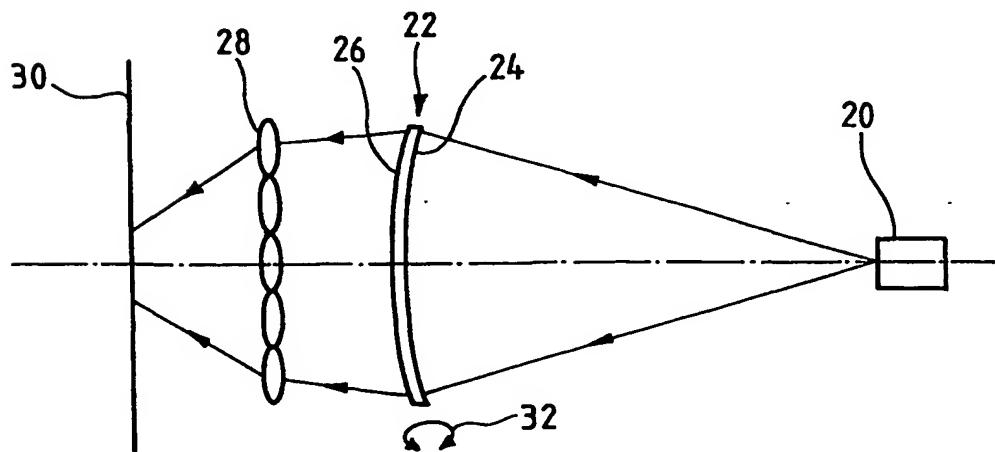
20. L'appareil de la revendication 19, caractérisé en ce que les première et seconde lumières présentent des fronts d'onde distincts.

21. L'appareil de l'une des revendications 14 à 20, caractérisé par des moyens de mesure de l'épaisseur du composant.

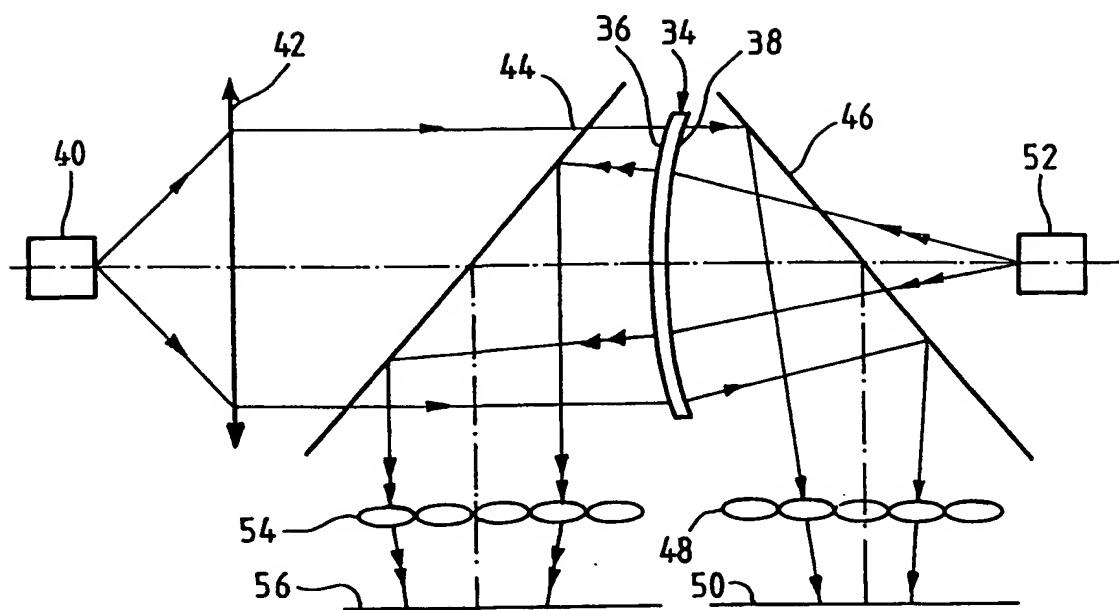
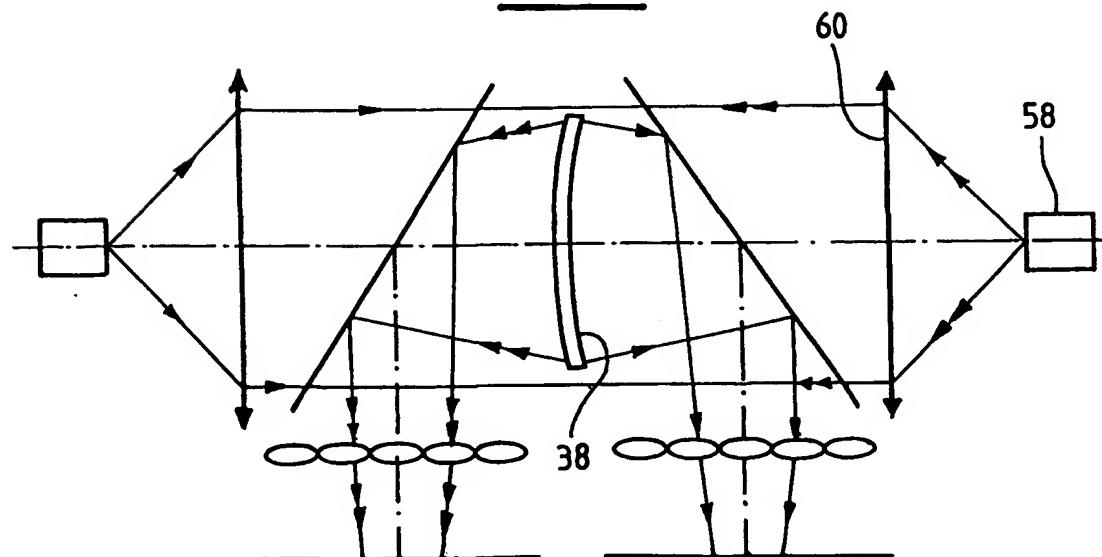
15 22. L'appareil de l'une des revendications 14 à 21, caractérisé par
- des moyens d'éclairage du composant optique par une troisième lumière incidente, dont le front d'onde est connu,
- des moyens de mesure du front d'onde de ladite troisième lumière après transmission par ledit composant optique.

20 23. L'appareil de l'une des revendications 14 à 22, caractérisé par des moyens (68, 70) de visualisation de micro-gravures sur le composant.

1/19

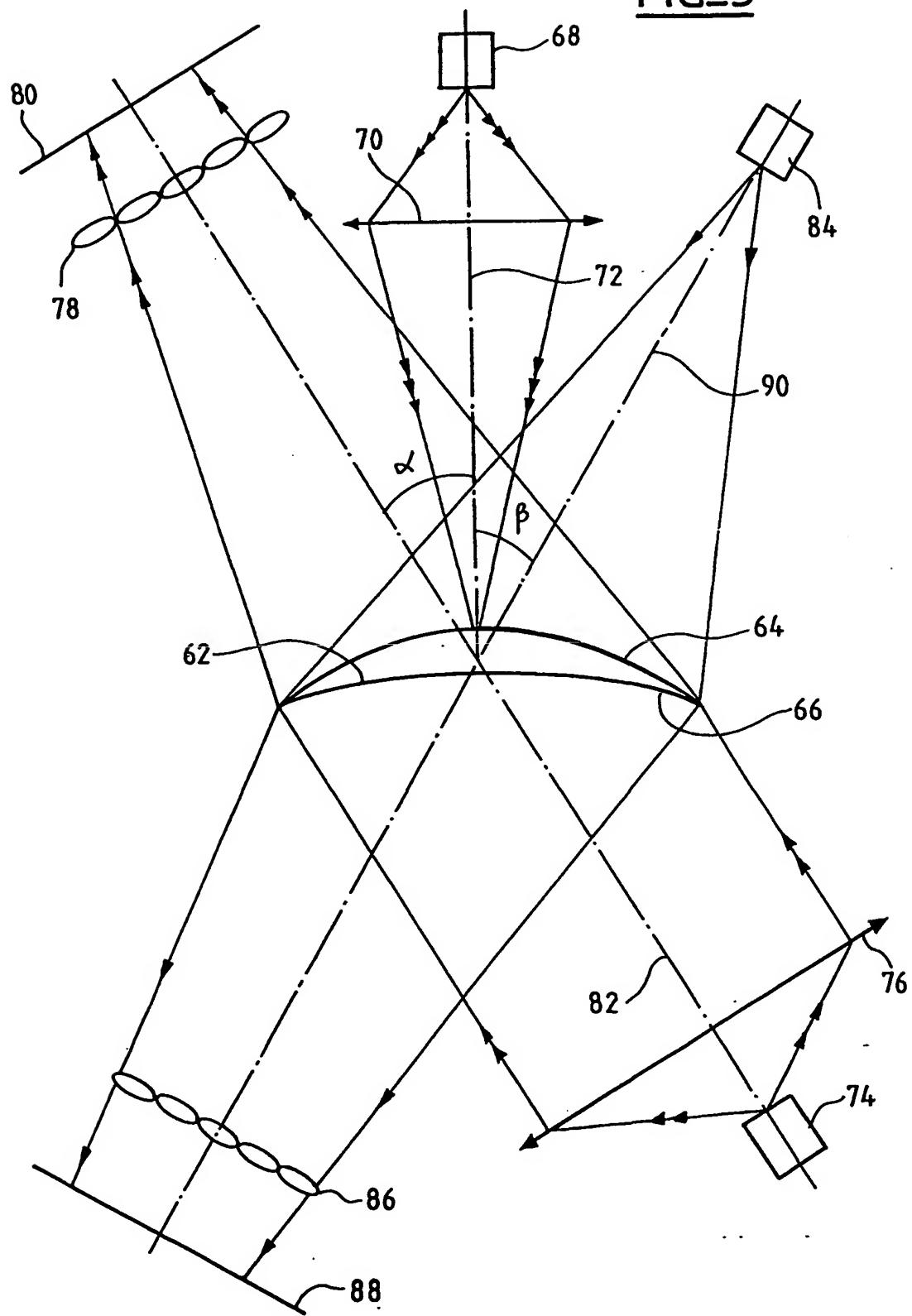
FIG_1FIG_2

2/19

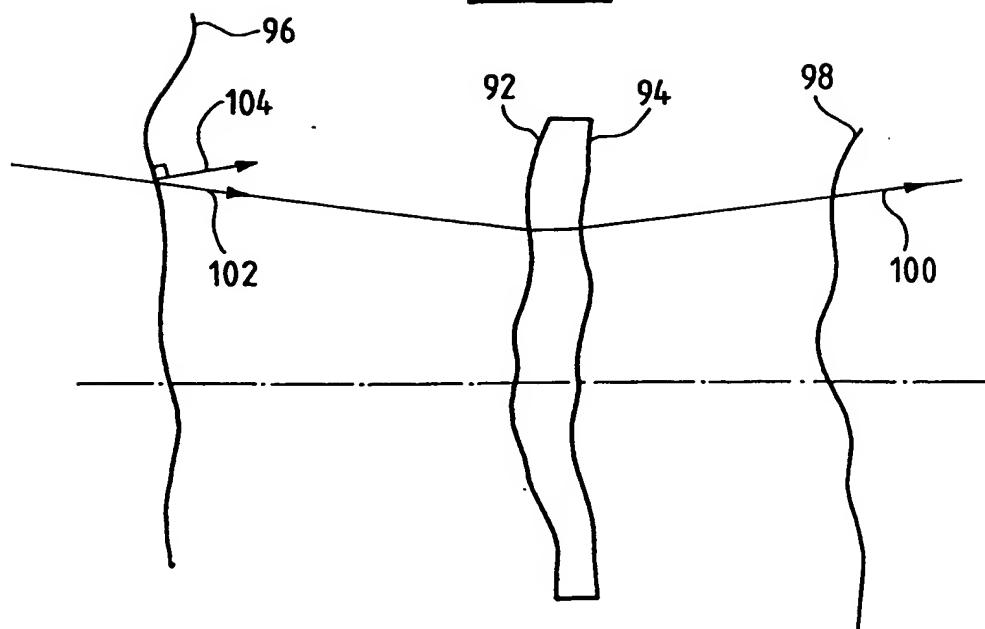
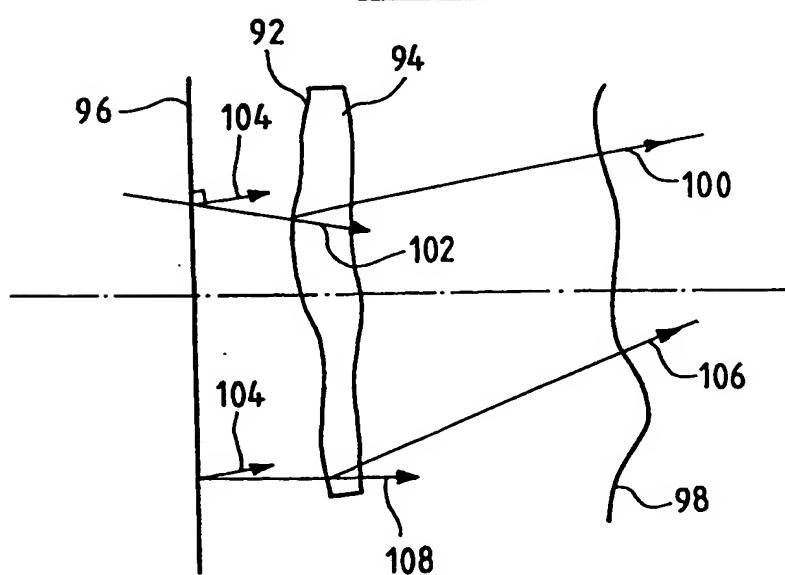
FIG_3FIG_4

3/19

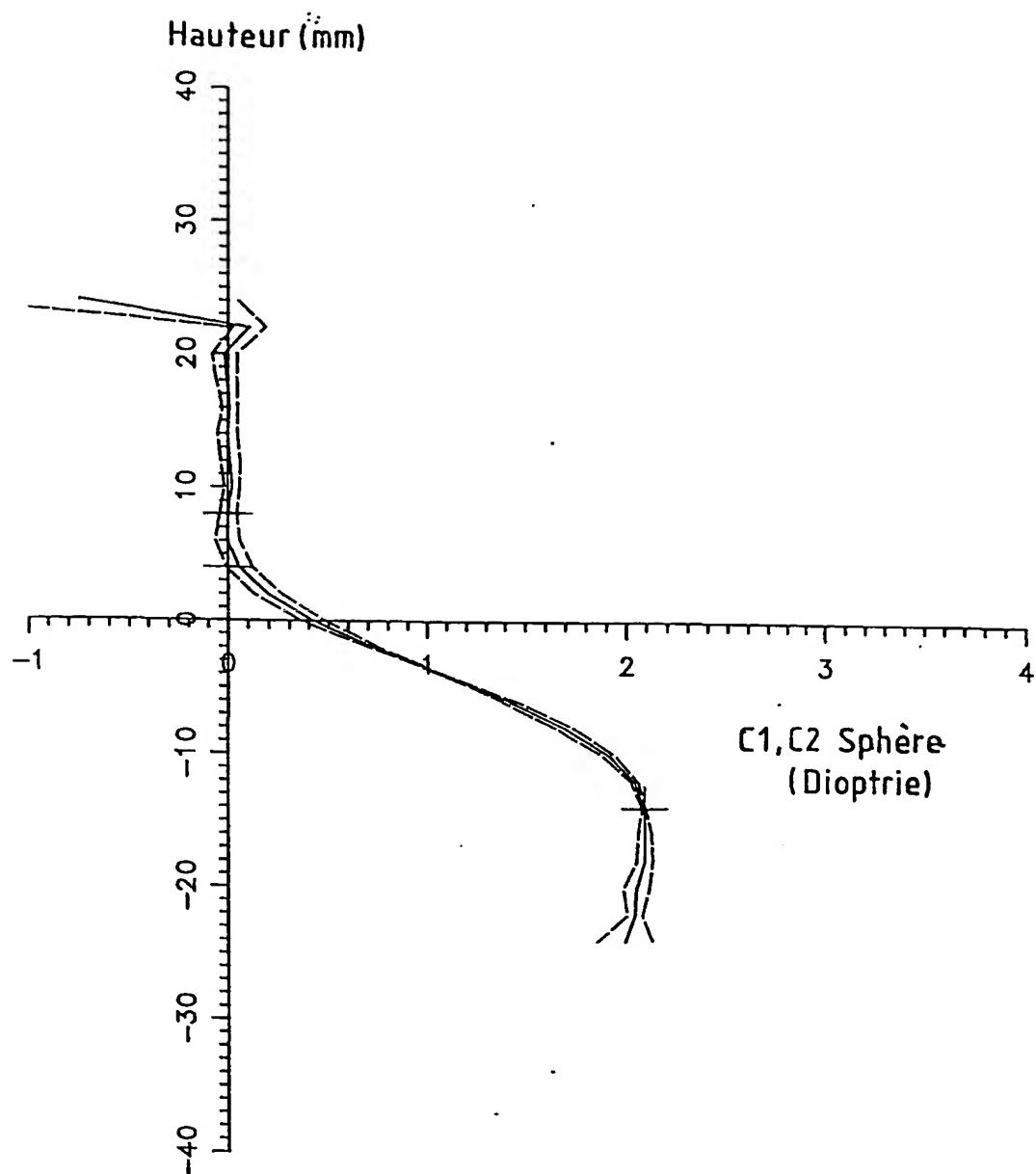
FIG. 5



4/19

FIG_6FIG_7

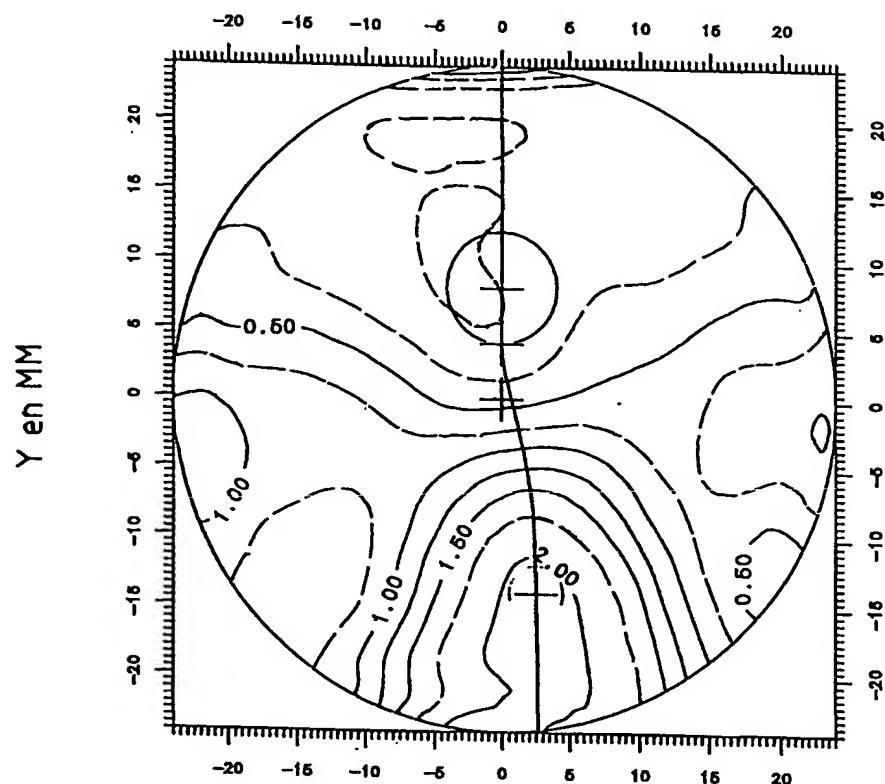
5/19

FIG_8

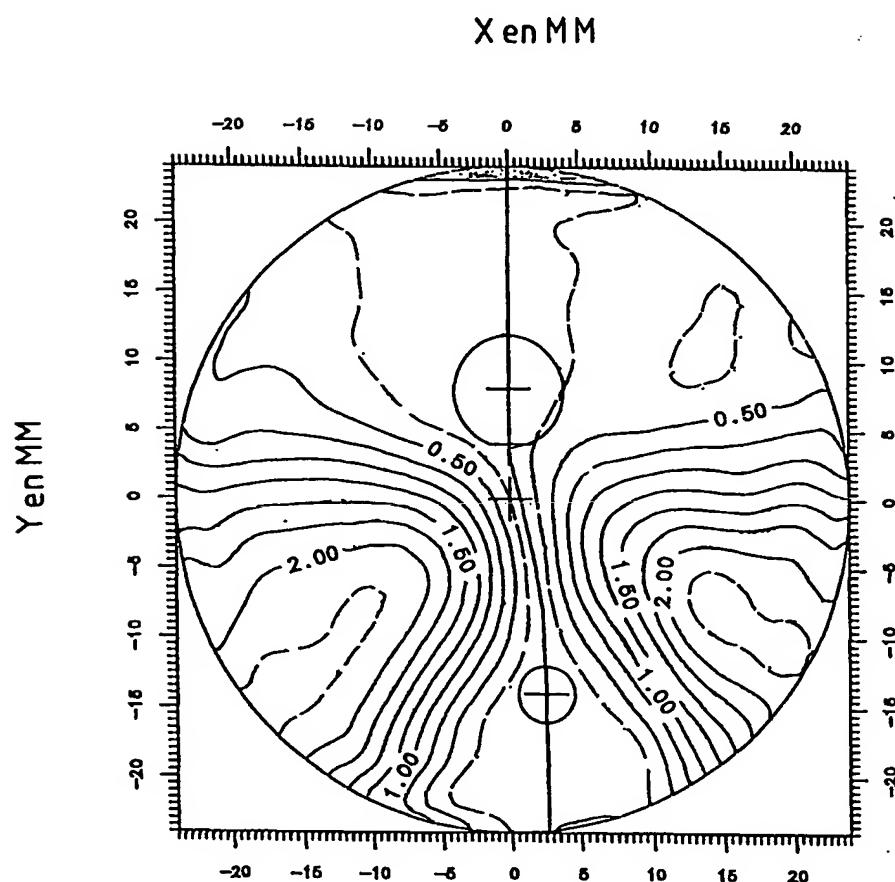
6/19

FIG_9

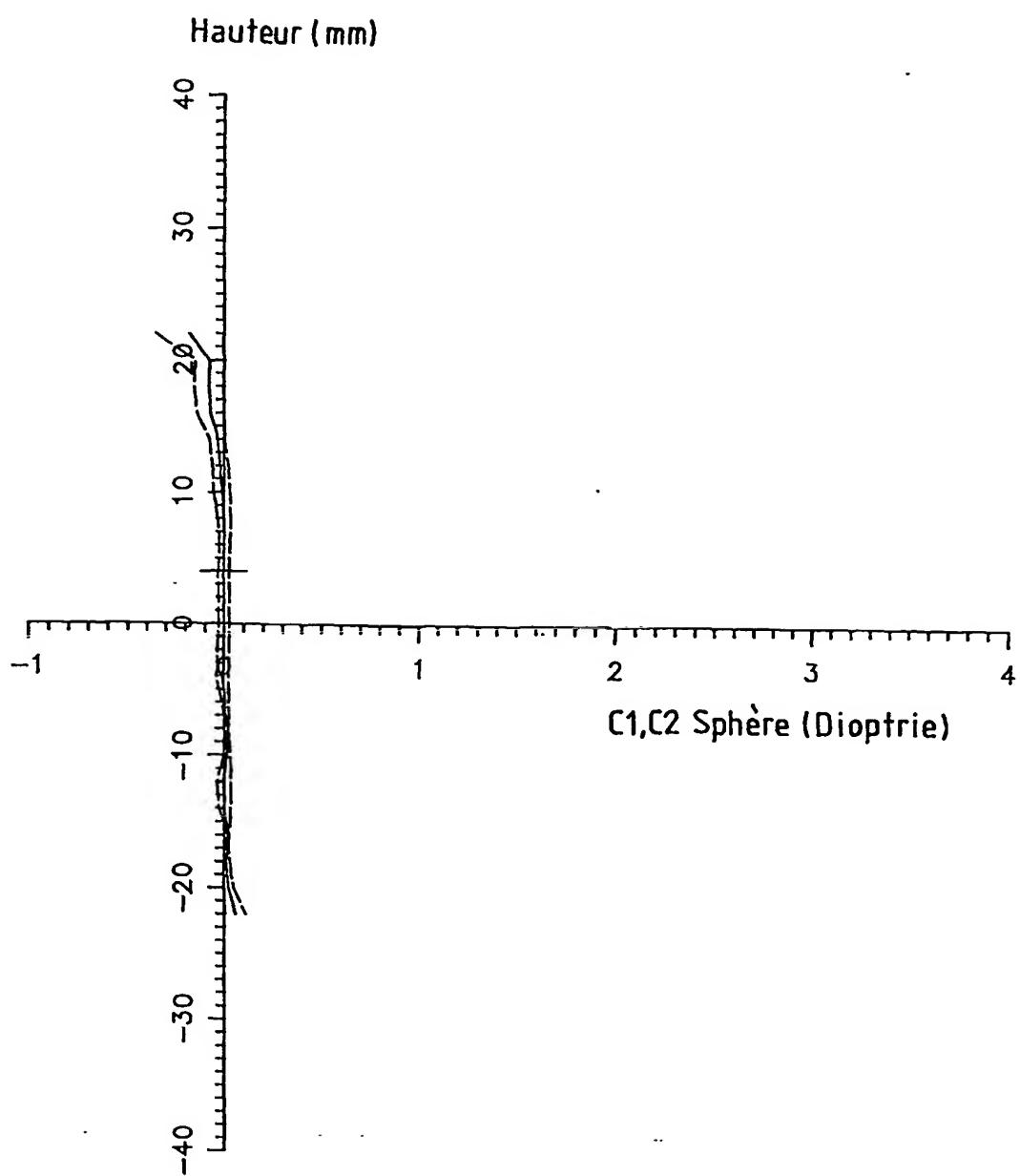
X en MM



7/19

FIG_10

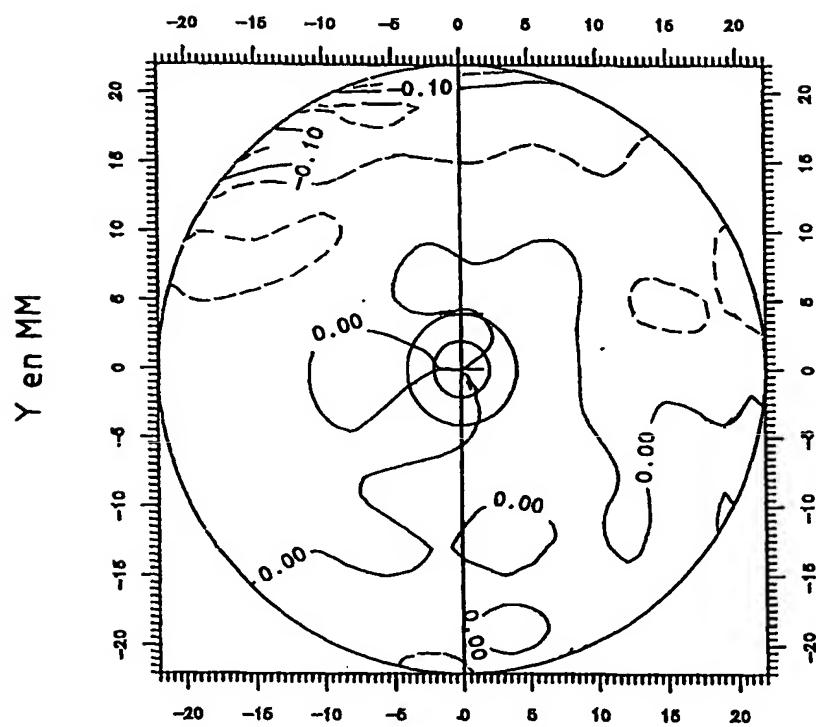
8/19

FIG_11

9/19

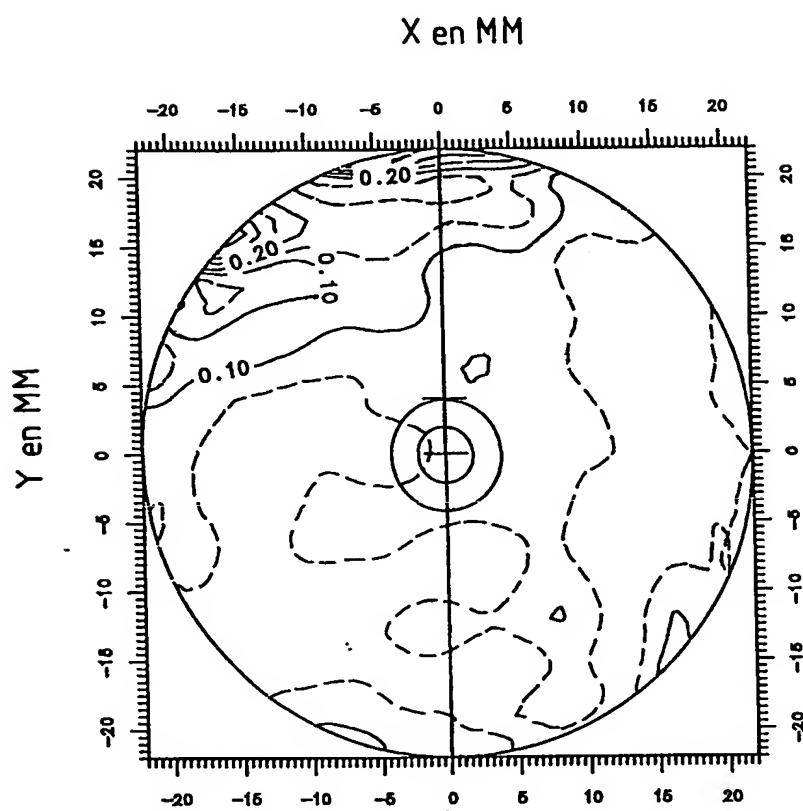
FIG_12

Xen MM



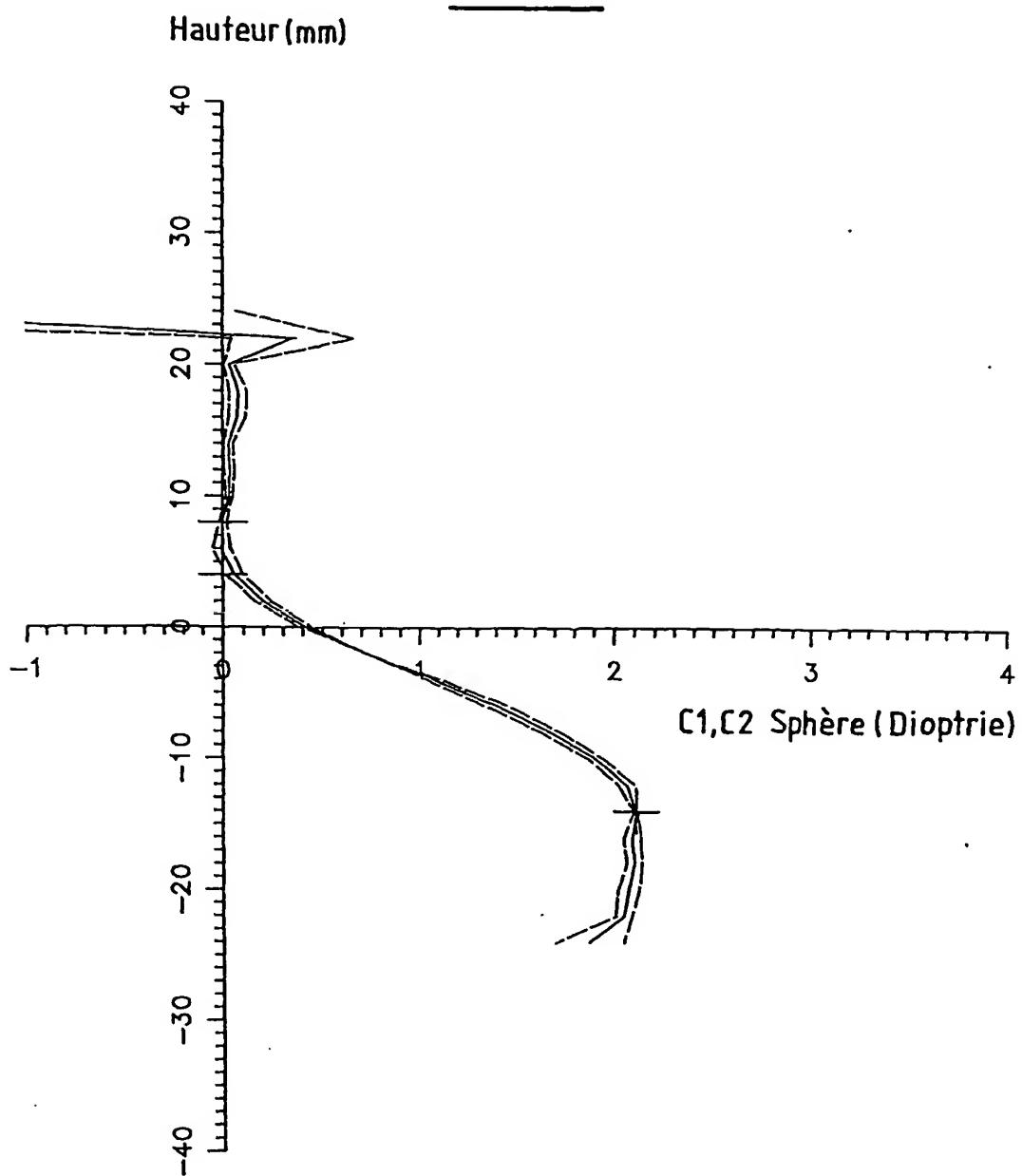
10/19

FIG_13



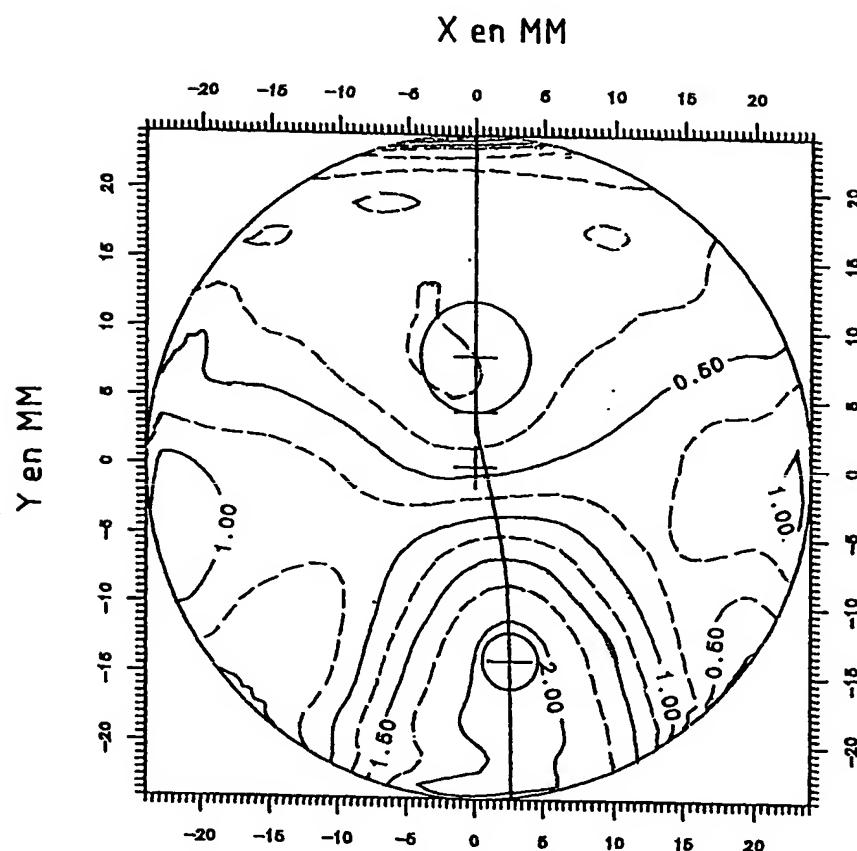
11/19

FIG_14

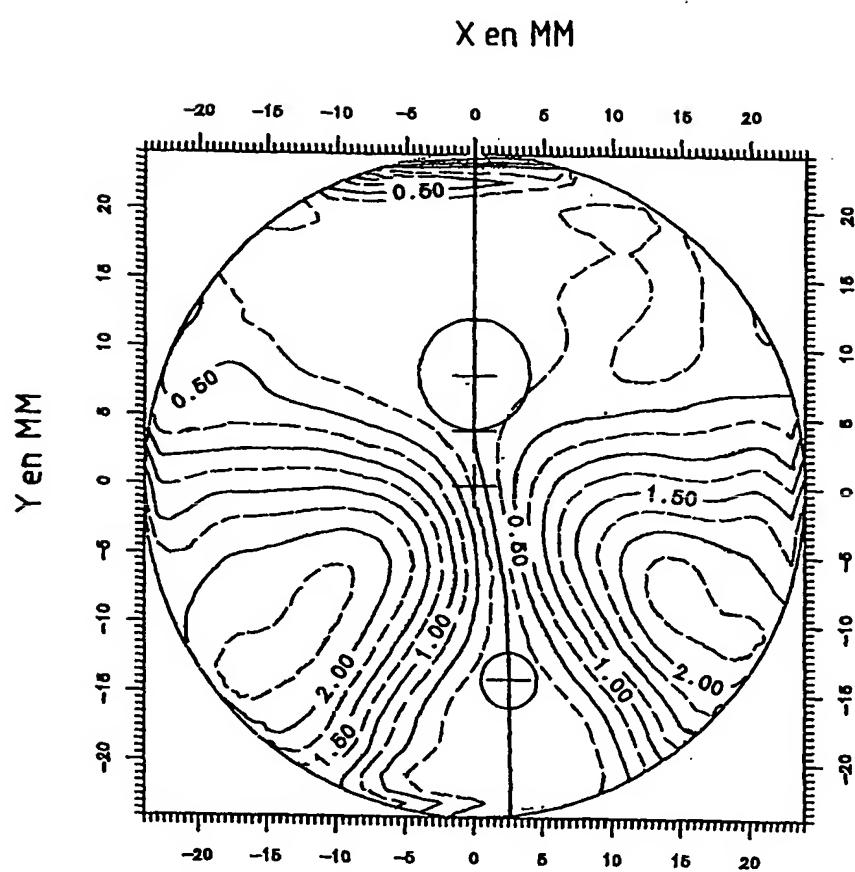


12/19

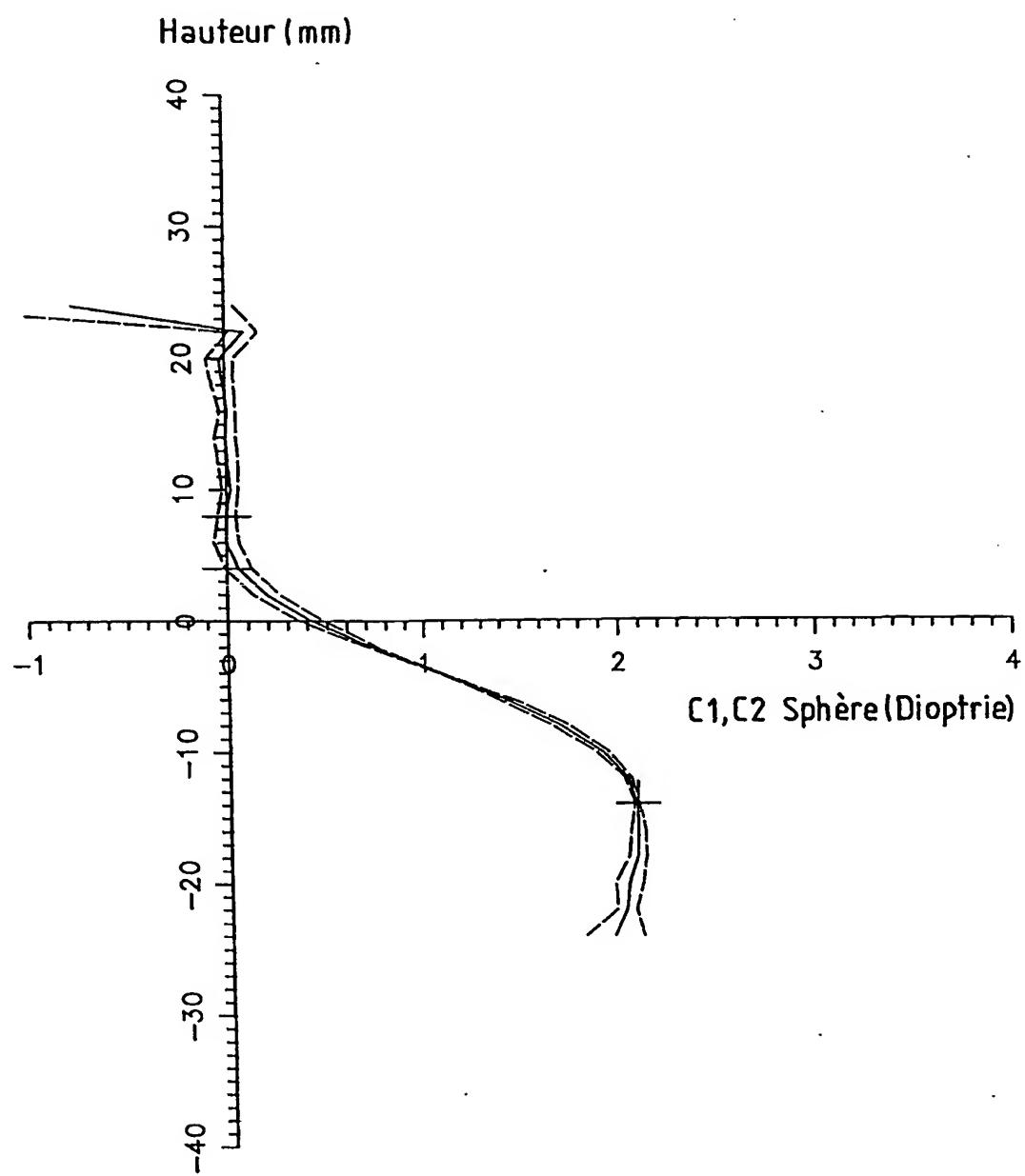
FIG_15



13/19

FIG_16

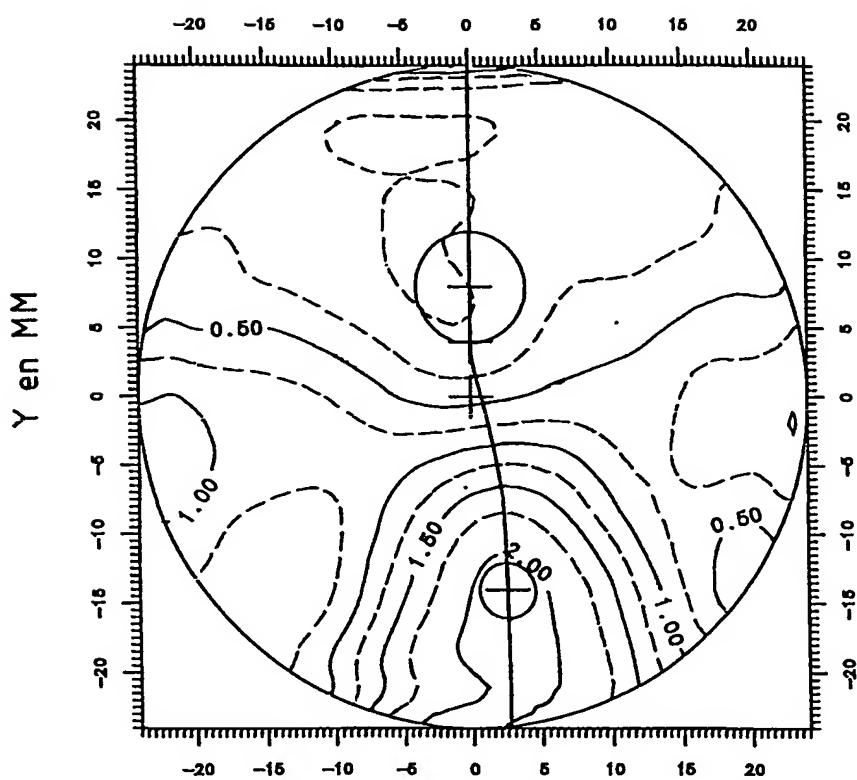
14/19

FIG_17

15/19

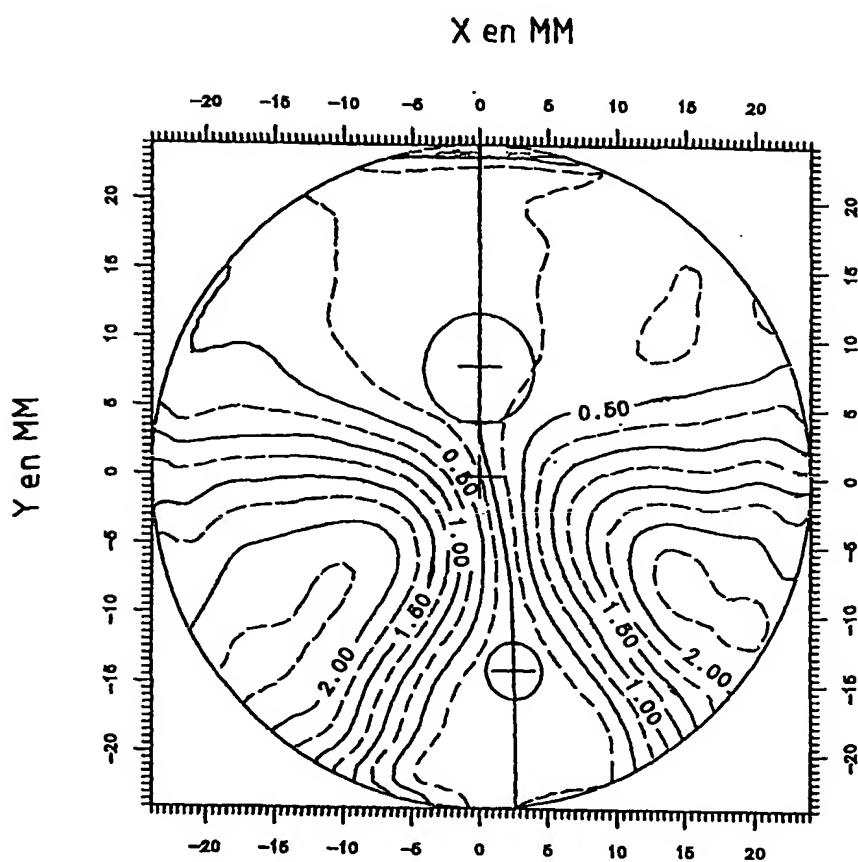
FIG_18

Xen MM

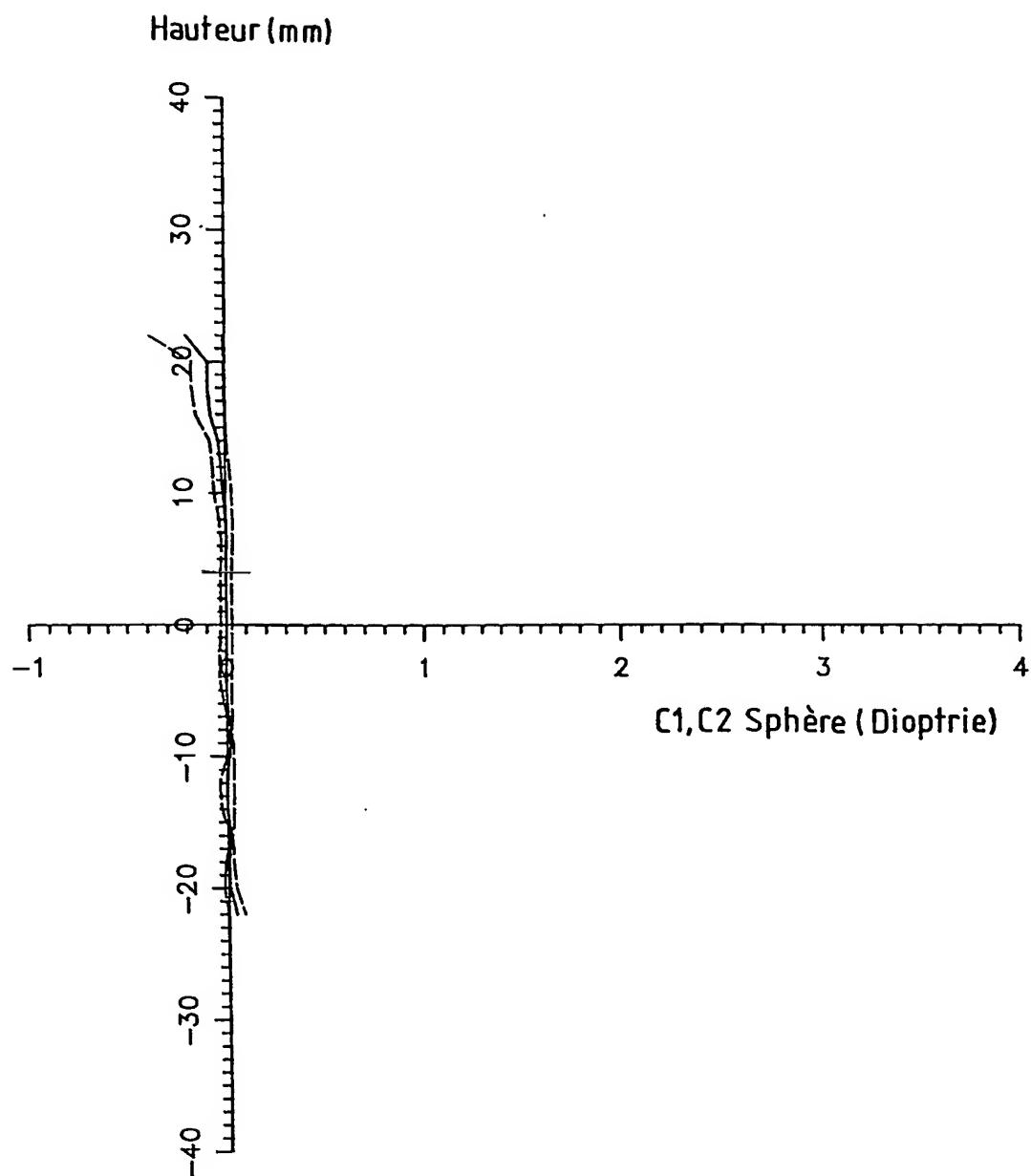


16/19

FIG_19

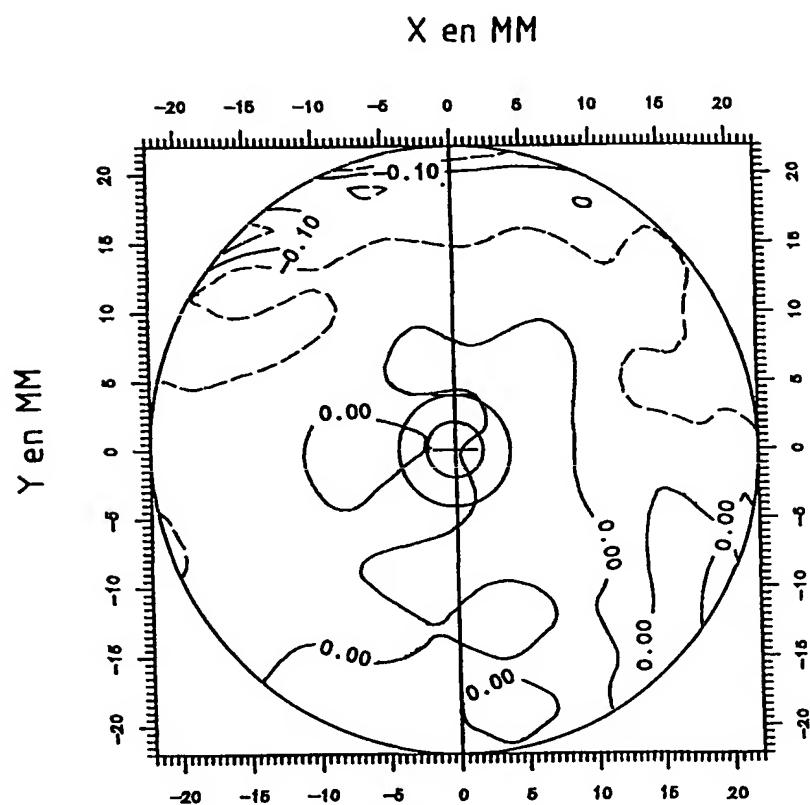


17/19

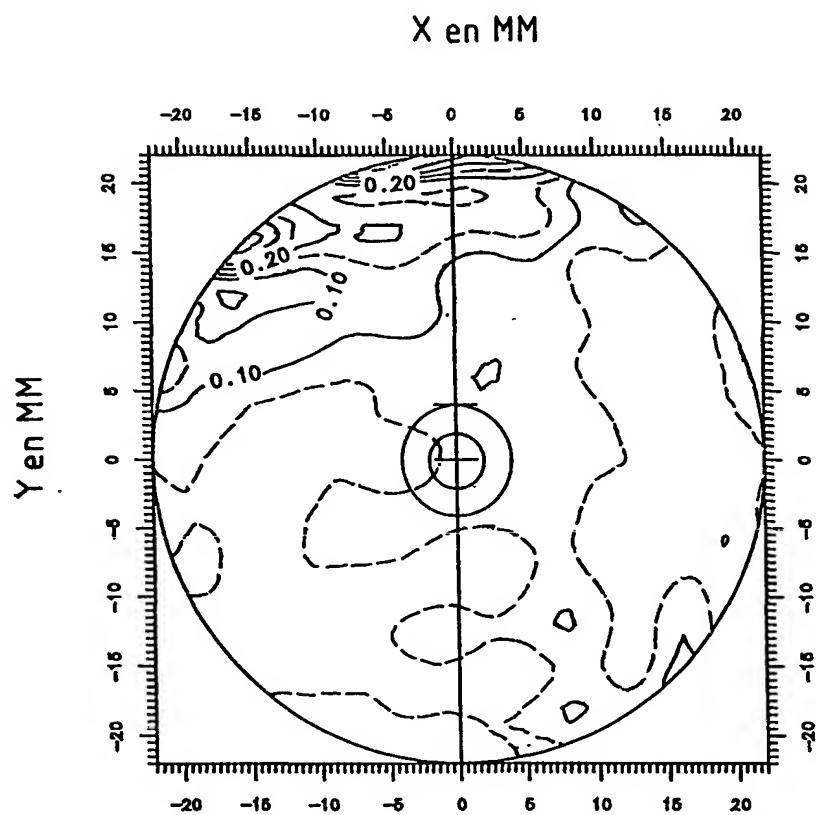
FIG_20

18/19

FIG_21



19/19

FIG_22

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 01/02626

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 601M11/02 601B11/255

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 601M 601B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

PAJ, EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 99 64817 A (STICHTING VOOR DE TECHNISCHE WETENSCHAPPEN) 16 December 1999 (1999-12-16) page 6, line 8 - line 23 page 10, line 8 -page 15, line 31; figures 1,3	1,14
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 004 (P-986), 9 January 1990 (1990-01-09) & JP 01 257229 A (TOPCON CORP), 13 October 1989 (1989-10-13) abstract	1,14

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the International filing date
- "L" document which may throw doubts on priority (claims) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "Q" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

22 November 2001

Date of mailing of the International search report

29/11/2001

Name and mailing address of the ISA
 European Patent Office, P.B. 5818 Paleislaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Van Assche, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 01/02626

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
WO 9964817	A	16-12-1999	NL	1009366 C2
			AU	4293799 A
			EP	1090268 A1
			WO	9964817 A1
JP 01257229	A	13-10-1989	JP	2698362 B2
				19-01-1998

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale N°

PCT/FR 01/02626

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 G01M11/02 G01B11/255

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTÉ

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G01M G01B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

PAJ, EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	WO 99 64817 A (STICHTING VOOR DE TECHNISCHE WETENSCHAPPEN) 16 décembre 1999 (1999-12-16) page 6, ligne 8 - ligne 23 page 10, ligne 8 -page 15, ligne 31; figures 1,3	1,14
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 004 (P-986), 9 janvier 1990 (1990-01-09) & JP 01 257229 A (TOPCON CORP.), 13 octobre 1989 (1989-10-13) abrégé	1,14

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne de métier
- *8* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
22 novembre 2001	29/11/2001
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentzaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl Fax: (+31-70) 340-3016	Fonctionnaire autorisé Van Assche, P

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR 01/02626

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
WO 9964817	A	16-12-1999	NL	1009366 C2	13-12-1999
			AU	4293799 A	30-12-1999
			EP	1090268 A1	11-04-2001
			WO	9964817 A1	16-12-1999
JP 01257229	A	13-10-1989	JP	2698362 B2	19-01-1998